

REC'D PCT/PTO 18 MAR 2005 #2

PCT/JP 03/11903

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

18.09.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 3月17日

出願番号
Application Number: 特願2003-072318

[ST.10/C]: [JP2003-072318]

出願人
Applicant(s): 財団法人科学技術振興会

REC'D 27 FEB 2004

WIPO

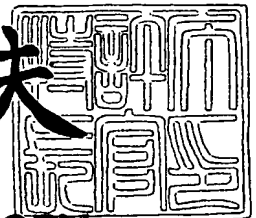
PCT

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 2月12日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3087956

【書類名】 特許願

【整理番号】 REP03001

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03F 7/00

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県野田市山崎 2 6 4 1 東京理科大学 基礎工学部
電子応用工学科 内

【氏名】 谷口 淳

【特許出願人】

【識別番号】 501105015

【氏名又は名称】 財団法人科学技術振興会

【代理人】

【識別番号】 100091904

【弁理士】

【氏名又は名称】 成瀬 重雄

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-271337

【出願日】 平成14年 9月18日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 054391

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 表面加工方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 以下のステップを備えることを特徴とする表面加工方法：

- (a) S O G 層の表面に電子線を照射して、前記 S O G 層の少なくとも一部を露光させるステップ；
- (b) 前記 S O G 層において露光した部分の全部または一部をエッチングにより除去するステップ。

【請求項 2】 本体材料と、この本体材料の表面に形成された中間層と、この中間層の表面に形成された S O G 層とを有する積層体を用い、かつ、以下のステップを備えることを特徴とする表面加工方法：

- (a) 前記 S O G 層の表面に電子線を照射して、前記 S O G 層の少なくとも一部を露光させるステップ；
- (b) 前記 S O G 層において露光した部分の全部または一部をエッチングにより除去するステップ。

【請求項 3】 前記電子線のための加速電圧は、電子線の照射位置に応じて変化させられていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の表面加工方法。

【請求項 4】 前記中間層は PMMA またはシランカップリング剤により構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の表面加工方法。

【請求項 5】 さらに次のステップを備えることを特徴とする請求項 2 に記載の表面加工方法：

- (c) 前記ステップ (b) の後、前記 S O G 層と前記中間層と前記本体材料とを浸食するエッチャントを用いてエッチングを行い、前記本体材料および／または前記中間層の表面を加工するステップ。

【請求項 6】 本体材料と、この本体材料の表面に形成された中間層と、この中間層の表面に形成された S O G 層とを有する積層体を用い、前記 S O G 層の表面には凹部または凸部が形成されており、かつ、以下のステップを備えることを特徴とする表面加工方法：

- (a) 前記 S O G 層と前記中間層と前記本体材料とを浸食するエッチャントを用

いてエッチングを行い、前記本体材料および／または前記中間層の表面に凹凸表面を形成するステップ。

【請求項 7】 前記エッチャントは、前記 S O G 層よりも前記中間層および／または前記本体材料を浸食しやすいものであることを特徴とする請求項 5 または 6 記載の表面加工方法。

【請求項 8】 前記本体材料はダイヤモンド、S i C、石英および樹脂のいずれかであることを特徴とする請求項 5 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の表面加工方法。

【請求項 9】 前記エッチャントはイオンビームまたは放射光であることを特徴とする請求項 6 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の表面加工方法。

【請求項 10】 前記 S O G 層の表面における凹部または凸部は、前記 S O G 層に型を押し付けることによって形成されていることを特徴とする請求項 6 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の表面加工方法。

【請求項 11】 前記 S O G 層の表面における凹部または凸部は、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の加工方法によって形成されていることを特徴とする請求項 6 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の表面加工方法。

【請求項 12】 前記加工方法により形成される表面は、成形用の型として用いられるものであることを特徴とする請求項 1 ～ 11 のいずれか 1 項記載の表面加工方法。

【請求項 13】 以下のステップを備えることを特徴とする微粒子の固定方法：

(a) 微粒子を混入した S O G 層の表面に電子線を照射して、前記 S O G 層の少なくとも一部を露光させるステップ；

(b) 前記 S O G 層において露光した部分の全部または一部をエッチングにより除去し、これによって、前記微粒子を前記 S O G 層の表面に露出させ、または、前記表面に接近させるステップ。

【請求項 14】 前記 S O G 層は、本体材料またはその表面に形成された中間層の表面に形成されていることを特徴とする請求項 13 記載の微粒子の固定方法。

【請求項 15】 前記電子線のための加速電圧は、前記電子線の照射位置に応じて変化させられていることを特徴とする請求項 13 または 14 に記載の微粒子の固定方法。

【請求項 16】 前記中間層は PMMA またはシランカップリング剤により構成されていることを特徴とする請求項 14 に記載の微粒子の固定方法。

【請求項 17】 前記微粒子はカーボンナノチューブ、ダイヤモンドパウダーおよび金属微粒子のいずれかであることを特徴とする請求項 13～16 のいずれか 1 項記載の微粒子の固定方法。

【請求項 18】 請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載の方法により加工された表面を型として用いて成形されたことを特徴とする成形物。

【請求項 19】 前記中間層の厚さを変更することによって、前記本体材料および／または前記中間層の加工後における前記凹凸表面のアスペクト比を調節することを特徴とする請求項 6 記載の表面加工方法。

【請求項 20】 本体材料と、この本体材料の表面に形成された中間層と、この中間層の表面に形成された SOG 層とを有する積層体。

【請求項 21】 前記本体材料は、ダイヤモンド、SiC、石英および樹脂のいずれかであることを特徴とする請求項 20 記載の積層体。

【請求項 22】 前記中間層は PMMA またはシランカップリング剤であることを特徴とする請求項 20 または 21 に記載の積層体。

【請求項 23】 本体材料の表面に中間層を形成し、この中間層の表面に SOG 層を形成することを特徴とする積層体の製造方法。

【請求項 24】 前記イオンビームは、酸素イオンビームであることを特徴とする請求項 9 項記載の表面加工方法。

【請求項 25】 本体材料と SOG 層とを有する積層体を用い、前記 SOG 層は、前記本体材料の一側に配置されており、かつ、以下のステップを備えることを特徴とする表面加工方法：

(a) 前記 SOG 層を部分的に除去または成形することにより、前記本体材料を露出させるステップ；

(b) 前記露出した本体材料をエッチングにより加工するステップ。

【請求項 26】 本体材料と中間層と SOG 層とを有する積層体を用い、前記中間層は、前記本体材料と前記 SOG 層との間に配置されており、かつ、以下のステップを備えることを特徴とする表面加工方法：

(a) 前記SOG層を部分的に除去または成形することにより、前記本体材料または前記中間層を露出させるステップ;

(b) 前記露出した本体材料または前記中間層をエッチングにより加工するステップ。

【請求項27】 さらに以下のステップを有することを特徴とする請求項25または26に記載の表面加工方法:

(c) 前記ステップ(b)の後、残存した前記SOG層を除去するステップ。

【請求項28】 加工される前記表面の近傍の電圧を、前記電子線の照射位置に応じて変化させることを特徴とする請求項1または2に記載の表面加工方法。

【請求項29】 前記電子線のドーズ量に基づいて、前記エッチングにより除去される部分の深さを制御することを特徴とする請求項1または2に記載の表面加工方法。

【請求項30】 以下のステップを備えることを特徴とする表面加工方法:

(a) 第1SOG層の表面に電子線を照射して、前記第1SOG層の少なくとも一部を露光させるステップ;

(b) 前記第1SOG層の表面に第2SOG層を形成するステップ;

(c) 前記第2SOG層の表面に電子線を照射して、前記第2SOG層の少なくとも一部を露光するステップ;

(d) 前記第1および第2SOG層において露光した部分の全部または一部をエッチングにより除去するステップ。

【請求項31】 前記第2SOG層における電子線照射部分を、前記第1SOG層における電子線照射部分と重複する位置に形成することを特徴とする請求項30記載の表面加工方法。

【請求項32】 前記第2SOG層における電子線照射部分の幅を、前記第1SOG層における電子線照射部分の幅よりも狭くすることを特徴とする請求項30または31記載の表面加工方法。

【請求項33】 本体材料とSOG層とを有する積層体を用い、前記SOG層は、前記本体材料の一側に配置されており、かつ、以下のステップを備えることを特徴とする表面加工方法:

(a) 前記SOG層を部分的に除去または成形することにより、前記SOG層の表面に凹部または凸部を形成するステップ；

(b) ついで、前記SOG層の表面側から前記本体材料をエッチングにより加工するステップ。

【請求項34】 本体材料と中間層とSOG層とを有する積層体を用い、前記中間層は、前記本体材料と前記SOG層との間に配置されており、かつ、以下のステップを備えることを特徴とする表面加工方法：

(a) 前記SOG層を部分的に除去または成形することにより、前記SOG層の表面に凹部または凸部を形成するステップ；

(b) ついで、前記SOG層の表面側から前記中間層または前記本体材料をエッチングにより加工するステップ。

【請求項35】 本体材料と、この本体材料の表面側に形成されたマスク層とを有する積層体を用い、前記マスク層の表面には凹部または凸部が形成されており、かつ、以下のステップを備えることを特徴とする表面加工方法：

(a) 前記マスク層と前記本体材料とを浸食するエッチャントを用いて、前記マスク層の側からエッチングを行い、前記本体材料の表面を加工するステップ。

【請求項36】 前記SOG層に代えてシリコンゴム層を用いたことを特徴とする請求項1～12, 19, 24～29, 33, 34のいずれか1項に記載の表面加工方法。

【請求項37】 前記第1および第2SOG層に代えて第1および第2シリコンゴム層を用いたことを特徴とする請求項30～32のいずれか1項に記載の表面加工方法。

【請求項38】 前記SOG層に代えてシリコンゴム層を用いたことを特徴とする請求項13～17のいずれか1項に記載の微粒子の固定方法。

【請求項39】 前記SOG層に代えてシリコンゴム層が用いられたことを特徴とする請求項18記載の成型物。

【請求項40】 前記SOG層に代えてシリコンゴム層が用いられたことを特徴とする請求項20～22のいずれか1項に記載の積層体。

【請求項41】 前記SOG層に代えてシリコンゴム層が用いられたことを特

徴とする請求項 23 記載の積層体の製造方法。

【請求項 42】 本体材料と、この本体材料の表面側に形成されたマスク層とを有する積層体を用い、前記マスク層の表面に電子線を照射して、前記マスク層の少なくとも一部を露光させて改質することを特徴とする表面改質方法。

【請求項 43】 前記マスク層は、SOGにより構成されていることを特徴とする請求項 42 記載の表面改質方法。

【請求項 44】 前記マスク層は、シリコンゴムにより構成されていることを特徴とする請求項 42 記載の表面改質方法。

【請求項 45】 前記電子線は、電子銃から前記積層体側に向けて照射されるものであり、前記マスク層の改質部分の深さは、前記積層体側の電位を調整することにより制御されることを特徴とする請求項 42～44 のいずれか 1 項に記載の表面改質方法。

【請求項 46】 前記マスク層の改質部分の深さは、前記電子線のドーズ量を調整することにより制御されることを特徴とする請求項 42～44 のいずれか 1 項に記載の表面改質方法。

【請求項 47】 前記本体材料と前記マスク層との間に中間層が配置されていることを特徴とする請求項 42～46 のいずれか 1 項に記載の表面改質方法。

【請求項 48】 前記マスク層を改質した後、他のマスク層を前記マスク層の表面に積層することを特徴とする請求項 42～47 のいずれか 1 項に記載の表面改質方法。

【請求項 49】 前記他のマスク層を前記マスク層の表面に積層した後、前記他のマスク層の表面に電子線を照射し、前記他のマスク層の少なくとも一部を露光させて改質することを特徴とする請求項 48 項記載の表面改質方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、表面の加工方法に関するものである。

【0002】

【発明の背景】

半導体の微細化に伴い、従来の半導体リソグラフィ技術に替わるリソグラフィ技術が模索されている。その一つとして、ナノインプリントリソグラフィ (Nano Imprint Lithography: NIL) がある。これは、ナノメートルオーダーのデザインルールが作製可能な技術である。この技術は、詳しくは、下記非特許文献 1 に記載されている。このプロセスの概略は、ナノメートルサイズのパターンが描かれているモールド (型) を Si ウエハー上のレジストに押し付けて型を転写し、これによって微細パターンを形成するものである。このプロセスでは、レジストの材料として熱可塑性樹脂を用いる。まず、ガラス転移点以上の温度にレジストを昇温してから、モールドをレジストに押し付ける。そのままの状態にレジストを降温して固める。ついで、モールドを剥離する。これにより、Si ウエハ上にパターンを得ることができる。しかし、このプロセスでは、昇温や降温に時間がかかり、生産効率が上がらない、再現性のあるパターン転写が行えない等の問題がある。

【0003】

さらに、別のリソグラフィ技術として、光硬化樹脂を用いた方法がある。この方法では、透明なモールドを用いる。光硬化樹脂にモールドを押し付け、常温で UV 光を樹脂に照射する。これにより樹脂を硬化させる。ついで、樹脂からモールドを剥離してパターンを得ることができる。しかし、この方法では、光硬化樹脂や透明なモールドを使う必要がある。また、凹凸パターンにおける深さを場所によって変化させることはできないという問題がある。この種の技術における従来例を以下に示す。

【0004】

【従来技術】

【特許文献 1】

特開 2001-68411 号公報

【非特許文献 1】

S.Y. Chou, P.R. Krauss, and P.J. Renstrom: Appl. Phys. Lett. 67 (1995) 3114.

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、前記の事情に鑑みてなされたものである。本発明の目的の一つは、前記した従来の問題点を解決しうる表面加工方法を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明の表面加工方法は、以下のステップを備えている：

(a) SOG層の表面に電子線を照射して、前記SOG層の少なくとも一部を露光させるステップ；

(b) 前記SOG層において露光した部分の全部または一部をエッチングにより除去するステップ。

【0006】

本発明の別の表面加工方法は、本体材料と、この本体材料の表面に形成された中間層と、この中間層の表面に形成されたSOG層とを有する積層体を用いる。さらに、この方法は、以下のステップを備えている：

(a) 前記SOG層の表面に電子線を照射して、前記SOG層の少なくとも一部を露光させるステップ；

(b) 前記SOG層において露光した部分の全部または一部をエッチングにより除去するステップ。

【0007】

前記表面加工方法においては、前記電子線のための加速電圧を、電子線の照射位置に応じて変化させることができる。

【0008】

前記中間層をPMMAまたはシランカップリング剤により構成することができる。

【0009】

前記中間層を用いる表面加工方法は、さらに次のステップ(c)を備えていてもよい。

(c) 前記ステップ(b)の後、前記SOG層と前記中間層と前記本体材料とを浸食するエッチャントを用いてエッチングを行い、前記本体材料および／または前記中間層の表面を加工するステップ。

【0010】

本発明に係るさらに別の表面加工方法は、本体材料と、この本体材料の表面に形成された中間層と、この中間層の表面に形成されたSOG層とを有する積層体を用いる。前記SOG層の表面には凹部または凸部を形成する。さらに、この方法は、以下のステップを備える：

(a) 前記SOG層と前記中間層と前記本体材料とを浸食するエッチャントを用いてエッチングを行い、前記本体材料および／または前記中間層の表面に凹凸表面を形成するステップ。

【0011】

前記表面加工方法において、前記エッチャントを、前記SOG層よりも前記中間層および／または前記本体材料を浸食しやすいものとすることができる。

【0012】

前記表面加工方法において、前記本体材料をダイヤモンド、SiC、石英および樹脂のいずれかとすることができる。

【0013】

前記表面加工方法において、前記エッチャントをイオンビームまたは放射光とすることができる。

【0014】

前記表面加工方法において、SOG層の表面における凹部または凸部を、前記SOG層に型を押し付けることによって形成することもできる。

【0015】

前記SOG層の表面における凹部または凸部を、前記した表面加工方法によって形成することもできる。

【0016】

前記加工方法により形成される表面を、成形用の型として用いることができる。

【0017】

本発明に係る微粒子の固定方法は、以下のステップを備えている：

(a) 微粒子を混入したSOG層の表面に電子線を照射して、前記SOG層の少

なくとも一部を露光させるステップ;

(b) 前記SOG層において露光した部分の全部または一部をエッチングにより除去し、これによって、前記微粒子を前記SOG層の表面に露出させ、または、前記表面に接近させるステップ。

【0018】

前記固定方法において、前記SOG層を、本体材料またはその表面に形成された中間層の表面に形成することができる。

【0019】

前記固定方法において、電子線のための加速電圧を、電子線の照射位置に応じて変化させることができる。

【0020】

前記固定方法において、中間層をPMMAまたはシランカップリング剤により構成することができる。

【0021】

前記固定方法において、微粒子とは、例えば、カーボンナノチューブ、ダイヤモンドパウダーおよび金属微粒子のいずれかである。

【0022】

本発明に係る成形物は、前記した加工方法により加工された表面を型として用いて成形されたものである。

【0023】

本発明の表面加工方法は、前記中間層の厚さを変更することによって、前記本体材料および／または前記中間層の加工後における前記凹凸表面のアスペクト比を調節する構成であってもよい。

【0024】

本発明の積層体は、本体材料と、この本体材料の表面に形成された中間層と、この中間層の表面に形成されたSOG層とを有するものである。

【0025】

前記積層体における本体材料は、例えば、ダイヤモンド、SiC、石英および樹脂のいずれかである。

【0026】

前記積層体における中間層は、例えばPMMAまたはシランカップリング剤である。

【0027】

本発明に係る積層体の製造方法は、本体材料の表面に中間層を形成し、この中間層の表面にSOG層を形成するものである。

【0028】

前記した表面加工方法において、前記イオンビームは、酸素イオンビームであってもよい。

【0029】

本発明の表面加工方法は、本体材料とSOG層とを有する積層体を用い、前記SOG層は、前記本体材料の一侧に配置されており、かつ、以下のステップを備える構成であっても良い。

(a) 前記SOG層を部分的に除去または成形することにより、前記本体材料を露出させるステップ；および

(b) 前記露出した本体材料をエッチングにより加工するステップ。

【0030】

本発明の表面加工方法は、本体材料と中間層とSOG層とを有する積層体を用い、前記中間層は、前記本体材料と前記SOG層との間に配置されており、かつ、以下のステップを備える構成であっても良い。

(a) 前記SOG層を部分的に除去または成形することにより、前記本体材料または前記中間層を露出させるステップ；および

(b) 前記露出した本体材料または前記中間層をエッチングにより加工するステップ。

【0031】

これらの表面加工方法は、さらに以下のステップを有していてもよい：

(c) 前記ステップ(b)の後、残存した前記SOG層を除去するステップ。

【0032】

前記表面加工方法において、加工される前記表面の近傍の電圧を、前記電子線

の照射位置に応じて変化させることもできる。

【0033】

前記表面加工方法において、前記電子線のドーズ量に基づいて、前記エッチングにより除去される部分の深さを制御することもできる。

【0034】

本発明の表面加工方法は、以下のステップを備えていてもよい：

- (a) 第1 SOG層の表面に電子線を照射して、前記第1 SOG層の少なくとも一部を露光させるステップ；
- (b) 前記第1 SOG層の表面に第2 SOG層を形成するステップ；
- (c) 前記第2 SOG層の表面に電子線を照射して、前記第2 SOG層の少なくとも一部を露光するステップ；
- (d) 前記第1および第2 SOG層において露光した部分の全部または一部をエッチングにより除去するステップ。

【0035】

この表面加工方法においては、前記第2 SOG層における電子線照射部分を、前記第1 SOG層における電子線照射部分と重複する位置に形成することもできる。

【0036】

さらにこの表面加工方法においては、前記第2 SOG層における電子線照射部分の幅を、前記第1 SOG層における電子線照射部分の幅よりも狭くすることもできる。

【0037】

本発明に係る別の表面加工方法は、本体材料と SOG層とを有する積層体を用いる。SOG層は、本体材料の一側に配置されている。さらに、この方法は、以下のステップを備えている：

- (a) 前記 SOG層を部分的に除去または成形することにより、前記 SOG層の表面に凹部または凸部を形成するステップ；
- (b) ついで、前記 SOG層の表面側から前記本体材料をエッチングにより加工するステップ。

【0038】

本発明に係るさらに別の表面加工方法は、本体材料と中間層とSOG層とを有する積層体を用いる。中間層は、本体材料とSOG層との間に配置される。さらに、この方法は、以下のステップを備えている：

(a) 前記SOG層を部分的に除去または成形することにより、前記SOG層の表面に凹部または凸部を形成するステップ；

(b) ついで、前記SOG層の表面側から前記中間層または前記本体材料をエッチングにより加工するステップ。

【0039】

本発明に係るさらに別の表面加工方法は、本体材料と、この本体材料の表面側に形成されたマスク層とを有する積層体を用いる。マスク層の表面には、凹部または凸部が形成されている。この方法は、さらに、以下のステップを備えている：

(a) 前記マスク層と前記本体材料とを浸食するエッチャントを用いて、前記マスク層の側からエッチングを行い、前記本体材料の表面を加工するステップ。

【0040】

前記表面加工方法において、前記SOG層に代えてシリコーンゴム層を用いることができる。同様に、前記第1および第2SOG層に代えて第1および第2シリコーンゴム層を用いることもできる。

【0041】

前記した微粒子の固定方法において、前記SOG層に代えてシリコーンゴム層を用いることができる。

【0042】

前記成型物において、前記SOG層に代えてシリコーンゴム層を用いることができる。

【0043】

前記積層体において、前記SOG層に代えてシリコーンゴム層を用いることができる。

【0044】

前記積層体の製造方法において、前記 S O G 層に代えてシリコンゴム層を用いることができる。

【 0 0 4 5 】

本発明の表面改質方法は、本体材料と、この本体材料の表面側に形成されたマスク層とを有する積層体を用いる。この方法においては、マスク層の表面に電子線を照射して、マスク層の少なくとも一部を露光させて改質する。

【 0 0 4 6 】

この改質方法において、前記マスク層を、例えば S O G により構成することができる。

【 0 0 4 7 】

この改質方法において、前記マスク層を、例えばシリコンゴムにより構成することができる。

【 0 0 4 8 】

この改質方法において、前記電子線は、例えば電子銃から前記積層体側に向けて照射される。マスク層の改質部分の深さは、例えば積層体側の電位を調整することにより制御することもできる。

【 0 0 4 9 】

前記マスク層の改質部分の深さは、前記電子線のドーズ量を調整することにより制御することもできる。

【 0 0 5 0 】

前記の改質方法において、本体材料と前記マスク層との間に中間層を配置してもよい。

【 0 0 5 1 】

前記マスク層を改質した後、他のマスク層を前記マスク層の表面に積層することもできる。さらには、この積層の後、前記他のマスク層の表面に電子線を照射し、前記他のマスク層の少なくとも一部を露光させて改質することもできる。

【 0 0 5 2 】

【発明の実施の形態】

(第 1 実施形態)

本発明の第1実施形態に係る表面加工方法を、図1および図2を参照しながら以下に説明する。ここで、加工方法とは、加工された物を製造する方法を意味する。また、表面加工とは、表面に凹部または凸部を形成すること、および、表面に形成された凸部を除去することを含む意味である。

【0053】

まず、本体材料1を用意する。本体材料1としては、例えば、ダイヤモンド、SiC、石英、Ni、樹脂、ガラスまたはサファイアを用いることができる。ダイヤモンド、SiC、石英、Niまたはサファイアとしては、単結晶、多結晶、薄膜状その他、適宜な構造のものをを用いることができる。樹脂の例としては、PTFE（ポリテトラフルオロエチレン）やエンジニアリングプラスチックである。

【0054】

ついで、本体材料1の表面に、中間層2を形成する。この中間層2としては、この実施形態ではPMMA（メタクリル樹脂）が用いられている。中間層2は、本体材料1の表面にPMMAを塗布して固化させることによって形成できる。中間層2の厚さは約10nmとなっている。

【0055】

つぎに、中間層2の表面に、SOG（スピノングラス）層3を形成する。具体的には、図2に示されるように、まず、SOG溶液（メチルシロキサンポリマーと有機溶媒とを含んでいる。）を中間層2の表面に、スピコート法によって塗布する（ステップ2-1）。ここで、SOG溶液の具体例としては、Honeywell社製のAccuglass 512B（商標）である。ついで、80℃～250℃で3分間プリベイクを行う（ステップ2-2）。ついで、大気中、300℃、1時間の条件でキュアを行う（ステップ2-3）。このようにして積層体4を得ることができる（図1（a）参照）。

【0056】

ついで、SOG層の表面に電子線を照射する（図1（b）および図2のステップ2-4参照）。ここで電子線の加速電圧は、照射位置に応じて変化させられている。この実施形態では、図1（b）において右側の照射位置ほど、高い加速電圧とされている。これにより、SOG層を露光（改質）させることができる。こ

の実施形態では、露光した部分を露光部 31 と称する。露光部 31 の深さは、加速電圧が高いほど深くなる。

【0057】

ついで、エッチャントとしての BHF (フッ酸緩衝液) により現像 (エッチング) を行う (図 2 のステップ 2-5)。BHF は、 $\text{HF}:\text{NH}_4\text{F}=1:1$ とした混合液である。現像時間は例えば 60 秒間である。これにより、露光部 31 を除去して、凹部 32 を SOG 層 3 に形成することができる。本実施形態によれば、このようにして、SOG 層 3 の表面に凹凸を形成することができる。

【0058】

本実施形態では、電子線の加速電圧の大きさにより露光部 31 の深さを制御しているので、露光部 31 の深さを正確に制御することができる。したがって、得られる凹部 32 の深さを正確に制御して多階調の構造を得ることができる。深さ方向の階調変化としては、 $1\ \mu\text{m}$ の深さにおいて 16 階調の変化を実現できている。32 階調や 64 階調の変化も可能と考えられる。

【0059】

また、電子ビームの幅は、 $3\ \text{nm}$ 程度まで集束可能なので、ナノオーダーの形状に加工することが可能である。実際、 $100\ \text{nm}$ のビーム幅の電子ビームを使用した場合で、 $200\ \text{nm}$ の幅を有する線状の凹部 32 を形成できている。したがって、 $10\ \text{nm}$ 以下の幅を有する凹部 32 を形成できると考えられる。

【0060】

したがって、本実施形態の方法によれば、微細な凹凸表面を精度良く形成することができる。これにより、例えば、MEMS、光学素子 (ブレース光学素子、マイクロレンズアレイ、フレネルゾーンプレート、フォトニッククリスタル、ホログラム素子、デジタル光学素子) の微細加工が可能になる。また、凹凸表面を型として用いることで、前記の手順を逐一実行することなく、転写によって微細加工品を得ることができる。

【0061】

また、本実施形態においては、中間層 2 を形成しているので、本体材料 1 と SOG 層 3 との濡れ性 (接着性) を改善することができる。また、本体材料 1 と S

OG層3との間に生じる応力（例えばSOG層3の収縮に伴う応力）を緩和することができる。

【0062】

（第2実施形態）

つぎに、図3を参照しながら、本発明の第2実施形態に係る表面加工方法を説明する。この方法においても、前記第1実施形態と同様に、まず、本体材料1と中間層2とSOG層3とを備えた積層体4を形成する（図3（a）参照）。ついで、加速電圧3kVにて、電子線をSOG層3に照射する。これにより、SOG層3に露光部311を形成することができる。ついで、加速電圧5kVにて、露光部311よりも狭い領域に対して、電子線をSOG層3に照射する。これにより、露光部311よりも深い露光部312を形成することができる（図3（b）参照）。ついで、エッチャントとしてのBHFにより露光部311・312を除去する（図3（c））。これにより、SOG層3に凹部32を形成することができる。ここまでは第1実施形態と基本的に同様である。

【0063】

つぎに、この実施形態では、ECR（電子サイクロトロン共鳴）によって生成された酸素イオンビームをエッチャントとしてSOG層3の表面に適用した（図3（e）参照）。これにより、SOG層3、中間層2および本体材料1を分解して、照射時間に対応した深さだけこれらを除去することができる。これにより、SOG層3の形状に沿って、本体材料1に凹部11を形成することができる（図3（f）参照）。なお、図示の例では、中間層2はすべて除去されている。

【0064】

SOG層3は、中間層2および本体材料1に比較して、酸素イオンビームによって分解されにくいので、この実施形態の方法では、SOG層3の凹凸形状よりも高いアスペクト比の凹凸形状を本体材料1に形成することができるという利点がある。

【0065】

また、本実施形態では、酸素イオンビームを用いているので、異方性の加工となり、加工形状の広がりが少ない。このため、微細加工に好適である。

【0066】

さらに、本実施形態では、酸素イオンビームを用いているので、SOG層3を、中間層2および本体材料1と並行して加工することができる。このため、事後的にSOG層3を除去する工程が不要となり、加工効率がよいという利点もある。

【0067】

また、本実施形態では、本体材料1がダイヤモンドやSiCや石英のように硬い材料であっても、高精度な微細加工を容易に行うことができるという利点がある。したがって、この実施形態によって、微細形状を成形するための型を容易に作製できるという利点がある。ダイヤモンドは、成形作業後の洗浄が容易なので、型の材料として好適である。また、SiCは、高温に強いので、セラミック製品成形用の型の材料として好適である。

【0068】

また、中間層2の厚さを変えることで、本体材料1の表面に形成されるアスペクト比を調整することも可能である。通常は、本体材料1の加工は、SOG層3がエッチャントにより除去された時点で終了すると考えられる。すると、例えば、中間層2を厚くすると、中間層2の加工に時間がかかり、本体材料1の加工時間がその分短くなるので、本体材料1における加工面のアスペクト比を低くできる。逆に、中間層2を薄くすることにより、本体材料1における加工面のアスペクト比を高くすることができる。

【0069】

第2実施形態における他の構成および利点は第1実施形態と基本的に同様なのでこれ以上の詳細な説明は省略する。

【0070】

【実施例1】

前記第2実施形態の具体的な実施条件を以下に示す。なお、前記実施形態に記載した条件は省略する。

(1) 中間層2を構成するPMMAの塗布

塗布厚: 10 nm

(2) SOG層3を構成するSOG溶液の塗布

スピコートにおける回転数: 3000 rpm

回転時間: 10秒

(3) ECRを用いた酸素イオンビームによる加工

使用ガス: O_2

イオン電流密度: $1.35\text{mA}/\text{cm}^2$

エミッション電流: 11.0mA

酸素流量: 3.0sccm

真空度: $6.67 \times 10^{-4}\text{Pa}$

ガス導入時真空度: $3.18 \times 10^{-4}\text{Pa}$

マイクロ波出力: 100W

イオンビームの加速電圧: 300V

加工時間: 30分

なお、第2実施形態では、電子線露光を用いてSOG層3に凹部32を形成したが、例えば、型をSOG層3に押し付けることによって凹部32を形成することも可能である。

【0071】

(第3実施形態)

つぎに、本発明の第3実施形態に係る成型方法を、図4を参照しながら説明する。この方法では、本体材料1として樹脂を用いる。本体材料1の上面にSOG層3を形成する。中間層は形成しない。また、本体材料1を形成するための下地材料5を用いる(図4(a)参照)。したがって、この実施形態では、本体材料1とSOG層3と下地材料5とから積層体4を構成している。本体材料1とSOG層3の組成は第1実施形態と同様である。下地材料は、例えばSiやガラスから構成される。下地材料としては、平坦度が高く、かつ安価な材料が好ましい。

【0072】

ついで、前記したSOG層3の表面に型6を押し付ける。型6の表面(図4(a)において下面)には、例えば第2実施形態の方法で形成された凹凸面(成形面)が形成されている。これにより、SOG層3の表面に、型の形状を転写する

ことができる(図4(b)参照)。ついで、成形されたSOG層3に対して、第2実施形態と同様にして、エッチャントとしての酸素イオンビームを照射する(図4(c)参照)。これにより、SOG層3および本体材料1を、SOG層3の形状に沿って加工することができる(図4(d)参照)。本体材料1としてSOG層3よりも加工されやすい材料を選ぶことにより、本体材料1の加工面のアスペクト比を、SOG層3よりも高くすることができる。

【0073】

なお、この第3実施形態においては、SOG層3における凹凸面を、型の転写により成形したが、第1および第2実施形態に示されるような、電子線露光および現像(露光部の除去)を用いる方法によって成形しても良い。

【0074】

第3実施形態における他の構成および利点は、第1・第2実施形態と同様なので、説明を省略する。

【0075】

(第4実施形態)

つぎに、本発明の第4実施形態について図5を参照して説明する。この実施形態は、前記各実施形態のような方法で得られた凹凸表面を型として用いた成形方法に関するものである。まず、被成型品7を配置する。被成型品7の素材は任意であるが、この実施形態では、例えば、適宜な下地材料8と、その表面に形成された本体9とを備えたものとする。本体9としては、例えば、PTFE、エンジニアリングプラスチック、PMMA、アクリル系樹脂などの樹脂や、Alなどの軟金属を使用することができる。Al等の軟金属を用いる場合は、型押しによって、回折格子ブレード光学素子などの、反射を使う光学素子を得ることができる。また、軟金属を型押し成形することで、直ちにホログラムを得ることもできる。一方、型10の下面には、前記実施形態のいずれかの加工方法で得られた凹凸表面が形成されている。

【0076】

ついで、型10の下面を本体9に押し付けることにより、凹凸形状を転写する。これにより、例えばMEMSや光学素子などに用いる微小成型品を容易に得る

ことができる。

【0077】

(第5実施形態)

つぎに、本発明の第5実施形態を、図6を参照しながら説明する。この実施形態では、第1および第2実施形態と同様に、本体材料1と中間層2とSOG層3とを備えた積層体4を用いる。ただし、第5実施形態では、SOG層3の内部に微粒子33が混入されている(図6(a)参照)。この実施形態では、微粒子33の位置は予め設定されているものとする。ついで、微粒子33の位置に対して電子線を照射する。電子線の加速電圧は、この実施形態では、微粒子33の表面まで電子線による露光ができる電圧とする。これにより、露光部31を形成する(図6(b)参照)。

【0078】

ついで、エッチャントとしてのBHFにより現像を行い、凹部32を形成する(図6(c)参照)。これにより、微粒子を覆っていたSOGを除去して、微粒子33を外部に露出させることができる。電子線の加速電圧を変えることにより、前記第1実施形態で説明した通り、凹部32の深さを変えることもできる。例えば、電子線の加速電圧を調整することにより、凹部32の深さを、微粒子33が外部に露出しない程度(つまり微粒子33がSOG層3の表面に接近する程度)の深さとすることもできる。

【0079】

本実施形態によれば、このようにして、微粒子を外部に露出させた状態で固定することができる。微粒子としては、例えば、カーボンナノチューブ、ダイヤモンドパウダーもしくは金属微粒子(これらの混合物である場合を含む)を用いることができる。この場合は、固定された微粒子33をFED(フィールドエミッションディスプレイ)用の電極として利用することも可能である。

【0080】

(第6実施形態)

つぎに、本発明の第6実施形態に係る表面加工方法を説明する。この方法においても、前記第1実施形態と同様に、まず、本体材料1と中間層2とSOG層3

とを備えた積層体4を形成する。ついで、適宜な（例えば2 k Vの）加速電圧にて、電子線をSOG層3に照射する。ここで、この実施形態では、加工される表面の近傍の電圧を、電子線の照射位置に応じて変化させる。より具体的には、積層体4が配置される試料台（図示せず）において、電子銃から試料台までの空間における電界を変化させるような電圧を印加する。さらに、この電圧を、電子線の照射位置に応じて変化させる。印加される電圧は、マイナスでもプラスでもよい。すなわち、印可電圧は、電界を強めるものでも弱めるものでもよい。

【0081】

ついで、電子線の露光部を第1実施形態と同様にして除去する。これにより、SOG層3に凹部を形成することができる。

【0082】

この第6実施形態によれば、試料台側の電圧を変化させることにより、露光部の深さ、すなわち、形成される凹部の深さを制御することができる。電子銃側の加速電圧を変化させる場合には、途中に存在する偏向器等の影響により、電子線の照射位置が変化し、電子線の位置合わせが必要になる。この実施形態によれば、このような位置合わせが不要になり、凹部の深さ制御が容易となるという利点がある。

【0083】

【実施例2】

（実験条件）

電子銃の加速電圧：一定（2 k V）

試料台側の電圧：0～-1.5 k Vの間で変化

この実験条件において、第6実施形態の方法により凹部を形成した。その結果を下記表1に示す。また、形成された、深さの異なる凹部の形状を図7に示す。資料台側の電圧を減少させることにより、深さを浅くできることが判る。また、印加する電圧と形成される深さとは、ほぼ比例関係となるため、良い制御性を得ることができる。

【0084】

【表 1】

電子銃側の加速(kV)	2	2	2	2
試料台の電圧(kV)	0	-0.5	-1.0	-1.5
期待する電圧(kV)	2	1.5	1	0.5
除去深さ(nm)	166	116	71	35

【0085】

【実施例 3】

(実験条件)

電子銃の加速電圧:一定 (2 kV)

試料台側の電圧: 0 ~ +1.0 kV の間で変化

この実験条件において、第6実施形態の方法により凹部を形成した。その結果を下記表2に示す。また、形成された、深さの異なる凹部の形状を図8に示す。資料台側の電圧を増加させることにより、深さを深くできることが判る。また、印加する電圧と形成される深さとは、ほぼ比例関係となるため、良い制御性を得ることができる。

【0086】

【表 2】

電子銃の加速(kV)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
フォローイング(kV)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
見かけの電圧(kV)	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
SOGの除去深さ(nm)	68	79	87	94	112	110	122	130	142	152	167

【0087】

【実施例 4】

(実験条件)

電子銃の加速電圧:一定 (1 kV)

試料台側の電圧: 平均値を電子銃の加速電圧と同じく 1 kV とし、振幅 200 V の正弦波を印加

この実験条件において、第6実施形態の方法により凹部を形成した。その結果形成された凹部の形状を図9に示す。試料台側の電圧を正弦波状に変化させることにより、凹部の底面を正弦波状に加工できることが判る。したがって、試料台側の電圧を変化させることにより、凹部の底面を曲面状に加工できることが判る。試料台側の電圧の変化は、正弦波状に限らず、例えば円弧状、ステップ状、鋸歯状など任意の形状とすることができる。得られる凹部の底面形状は、電圧の変化の形状にほぼ対応したものとなる。

【0088】

(第7実施形態)

つぎに、本発明の第7実施形態に係る表面加工方法を説明する。この方法においても、前記第1実施形態と同様に、まず、本体材料1と中間層2とSOG層3とを備えた積層体4を形成する。ついで、適宜な（例えば4 kVの）加速電圧にて、電子線をSOG層3に照射する。ここで、この実施形態では、電子線のドーズ量を、電子線の照射位置により変化させる。

【0089】

ついで、電子線の露光部を第1実施形態と同様にして除去する。これにより、SOG層3に凹部を形成することができる。

【0090】

この第7実施形態によれば、電子線のドーズ量を変化させることにより、露光部の深さ、すなわち、形成される凹部の深さを制御することができる。電子銃側の加速電圧を変化させる場合には、途中に存在する偏向器等の影響により、電子線の照射位置が変化し、電子線の位置合わせが必要になる。この実施形態によれば、このような位置合わせが不要になり、凹部の深さ制御が容易となるという利点がある。

【0091】

【実施例5】

(実験条件)

電子銃の加速電圧：一定（4 kV）

ドーズ量：400～50000 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ の間で変化

BHF 現像時間: 60 秒

SOG 層の材料: シリケート系材料である USG-50 (Honeywell 社製)

この実験条件において、第 7 実施形態の方法により凹部を形成した。その結果を下記表 3 に示す。また、形成された、深さの異なる凹部の形状を図 10 に示す。ドーズ量を変化させることにより、深さを制御できることが判る。

【0092】

【表 3】

ドーズ量 [$\mu\text{C}/\text{cm}^2$]	500	2000	5000	10000
深さ [nm]	500	300	200	100

【0093】

さらに、この実施例 5 では、ドーズ量 $10000 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ の場合の現像時間を 7 分間とした。その結果、図 11 に示されるステップ状凸部を形成することができた。その理由は、ドーズ量を増加させることにより、電子線照射部分に重合を生じ、そのエッチング耐性が非照射部分よりも強くなったためであると考えられる。

【0094】

なお、電子線を照射していない SOG をエッチング液で溶解する場合の、溶解時間と溶解深さとの関係を図 12 に示す。60 秒程度であれば、SOG における非照射部分はほとんど溶解されない。このため、凹部を形成する場合は、通常は、この範囲とすることが好ましい。一方、例えば 7 分程度の溶解時間とすると、非照射部分が深くまで溶解される。電子線により照射部分のエッチング耐性が高くなっていけば、図 11 に示されるように、凸部を残すことができる。つまり、ネガ型を形成できる。また、エッチング液の組成、種類または濃度等の条件を変えることによって、この現象の発現状態の制御も可能と考えられる。

【0095】

(第 8 実施形態)

つぎに、本発明の第 8 実施形態に係る表面加工方法を説明する。この方法においては、前記第 1 実施形態における SOG 層に代えて、シリコーンゴム層を用いる。したがって、第 8 実施形態では、本体材料 1 と中間層 2 とシリコーンゴム層

3 とから積層体 4 を形成する (図 3 (a) 参照)。シリコーンゴム層については、SOG 層と同じ符号を用いて参照する。シリコーンゴムとは例えば PDMS (Polydimethylsiloxane) である。

【0096】

この実施形態においても、適宜な (例えば 5 kV の) 加速電圧にて、電子線を SOG 層 3 に照射する。ここで、この実施形態では、電子線のドーズ量を、電子線の照射位置により変化させる。ただし、電子線の加速電圧を照射位置により変化させることも可能である。

【0097】

ついで、電子線の露光部を第 1 実施形態と同様にしてエッチングにより除去する。これにより、シリコーンゴム層 3 に凹部を形成することができる。

【0098】

この第 8 実施形態によれば、電子線のドーズ量を変化させることにより、または加速電圧を変化させることにより、露光部の深さ、すなわち、形成される凹部の深さを制御することができる。

【0099】

さらに、この実施形態によれば、柔軟性のあるシリコーンゴムに凹凸を形成することができるので、凹凸面を型として、対象物が有する曲面または平面に押し付けることにより、微少な凹凸曲面を成形することができる。この手法により、DNA チップやマイクロリアクター等の微細部品における形状加工を行うことができる。

【0100】

また、シリコーンゴムは、SOG よりも一般に接着性が良いので、中間層 2 を用いずに、本体材料 1 に直接接着させることが容易となる。

【0101】

【実施例 6】

(実験条件)

電子銃の加速電圧: 一定 (5 kV)

ドーズ量: $500 \sim 10000 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ の間で変化

BHF現像時間: 60秒

シリコンゴム層の材料: PDMS

この実験条件において、第8実施形態の方法により凹部を形成した。その結果を下記表4に示す。ドーズ量を変化させることにより、深さを制御できることが判る。なお、PDMSは、SOGとは逆に、ドーズが多くなるほど深く除去されることが判る。

【0102】

【表4】

ドーズ量 [$\mu\text{C}/\text{cm}^2$]	500	1000	2000	5000	10000
深さ [μm]	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0

【0103】

(第9実施形態)

つぎに、本発明の第9実施形態に係る表面加工方法を、図13に基づいて説明する。まず、シリコンからなる本体材料1の表面に、第1実施形態と同様な方法により、第1SOG層301を形成する(図13(a)参照)。ついで、第1SOG層301の表面に電子線を照射して、第1SOG層301の一部を露光させる(図13(b)参照)。

【0104】

ついで、第1SOG層301の表面に第2SOG層302を形成する(図13(c)参照)。ついで、第2SOG層302の表面に電子線を照射して、第2SOG層302の一部を露光する(図13(d)参照)。このとき、電子線による露光部分が第1SOG層301に到達するように(つまり第2SOG層302を貫通するように)、電子線の加速電圧を制御する。露光深さの制御方法としては、前記実施形態に記載したように、試料台側の電圧を変化させる方法、ドーズ量を変化させる方法などを用いることもできる。

【0105】

さらに、この実施形態では、第2SOG層302における電子線照射部分を、第1SOG301層における電子線照射部分と重複する位置に形成する。また、

第2 SOG層 302 における電子線照射部分の幅を、第1 SOG層 301 における電子線照射部分の幅よりも狭くする。

【0106】

ついで、第1 および第2 SOG層 301 および 302 において露光した部分をエッチングにより除去する（図13（e）参照）。

【0107】

本実施形態の方法によれば、図13（e）に示されるように、段差を有する構造を得ることができる。また、第2 SOG層 302 における電子線照射部分の幅を、第1 SOG層 301 における電子線照射部分の幅よりも狭くすることにより、微少な流路を形成することができる。

【0108】

（第10実施形態）

つぎに、本発明の第10実施形態に係る表面加工方法を、図14に基づいて説明する。この実施形態では、本体材料1の材料として石英を用いる。この表面加工方法においては、本体材料1の表面にSOG層3を形成する（図14（a）参照）。ついで、SOG層3の表面に電子線を照射して、SOG層3の一部を露光させる（図14（b）参照）。

【0109】

ついで、SOG層3において露光した部分をエッチングにより除去する（図14（c）参照）。ついで、エッチャントとしての酸素イオンビームをSOG層3の表面に照射する（図14（d）参照）。これにより、第2実施形態と同様の作用により、本体材料1に凹部11を形成することができる（図14（e）参照）。

【0110】

本実施形態の方法によれば、SOGよりも硬い石英に微少な凹凸を容易に形成することができるという利点がある。これにより、耐久性のある微少な型を得ることができる。

【0111】

【実施例7】

第10実施形態の方法により、まず、SOG層3に凹部を形成した。その結果を図15(a)に示す。続いて、前記方法に従い、下記条件において、酸素イオンビームを照射した。

(実験条件)

ベース真空度： 10^{-4} torr以下

加工時の真空度(平均)： 1.93×10^{-2} torr

マイクロ波出力：100W

加速電圧：300V

イオンエミッション(平均)：10.6mA

電流密度(平均)： 0.48 A/cm^2

加工時間：90分

その結果、本体材料1の表面に、図15(b)に示されるような凹部を形成することができた。

【0112】

さらに、このようにして形成された凹部を型として用いて、形状の転写を行った。転写の条件は次の通りである。

(転写条件)

使用樹脂(対象物)：アクリル系光硬化樹脂

転写加圧： 50 N/cm^2

紫外線照射量： $1 \text{ J/cm}^2 = 118 \text{ mW/cm}^2 \times 8.47 \text{ s}$

なお、この転写においては、型を樹脂に押し付けて変形させた後に、紫外線を照射して樹脂を硬化させた。その後型をリリースして転写を完了させた。

【0113】

その結果、図16に示されるように、樹脂の表面に凹凸を転写することができた。

【0114】

(第11実施形態)

つぎに、本発明の第11実施形態に係る表面加工方法を、図17に基づいて説明する。この実施形態の方法では、本体材料1の材料としてダイヤモンドを用い

る。また、この方法では、本体材料 1 の表面に、マスク層 3 を形成する。マスク層 3 の材料としては、例えば A 1 を用いることができるが、その他の材料、例えば S O G を用いることもできる。まず、型 6 をマスク層 3 に押し付ける（図 1 7 (a) および (b) 参照）。ついで、マスク層 3 から型 6 を離す（図 1 7 (c) 参照）。これにより、マスク層 3 に凸部を形成することができる。ついで、マスク層 3 の表面にエッチャント（例えば酸素プラズマや酸素イオン）を照射する。これにより、本体材料 1 の断面試料を形成することができる（図 1 7 (d) 参照）。

【0115】

これにより、硬質材料であっても、比較的簡単に、T E M（透過型電子顕微鏡）用断面試料を作製することができる。また、マスク層よりも本体材料に対して加工速度の速いエッチャントを用いることによって、アスペクト比の高い断面試料を作製することができる。

【0116】

なお、前記実施形態では、酸素イオンビームを利用した加工方法を例示したが、酸素イオンビームに替えて、例えば、酸素 R I E（反応性イオンエッチング）を用いても良い。酸素 R I E を用いた場合は、それにより S O G 層を除去することはできないので、S O G 層を除去するためには、B H F を別途用いる必要がある。この場合は、S O G 層を除去して中間層または本体材料を露出させた後、本体材料（中間層を設けた場合はさらに中間層）を酸素 R I E で加工し、その後 S O G 層を除去する、という方法となる。

【0117】

さらに、酸素イオンビームに替えて、エッチャントとして放射光を用いても良い。放射光を用いた場合は、これにより S O G 層を除去することができる。放射光を使った加工では、

- (1) S O G 層 3 も本体材料 1 も同時に加工することができるので、作業が簡便、
- (2) 放射光は、酸素イオンビームよりもさらに広がりが少ないために高精度の加工ができる、

(3) SOGの加工速度は樹脂などの本体材料1よりも通常は遅いために、本体材料1の凹凸形状を、SOG層3の凹凸形状よりも高アスペクト比とすることができる、等の利点がある。

【0118】

さらに、酸素イオンビームに替えて、エッチャントとして他のイオンビームを用いることもできる。例えば、本体材料1をガラスやサファイアとした場合は、アルゴン、 CF_4 、 CHF_3 などのイオンビームを用いることが可能である。この場合は、SOG層3に形成された凹凸形状を、例えば第2実施形態や第3実施形態の方法によって、1:1で本体材料1に形成することが可能なので、精密加工品の生産が一層容易となる。

【0119】

また、前記した実施形態の加工方法は、CDやDVDのメタルマスターやスタンパーの作製に用いることができる。さらには、前記した実施形態の加工方法は、LEEL (Low Energy Electron beam Projection Lithography) やEPL (Electron Projection Lithography) 用のステンシルマスクの作製にも用いることができる。

【0120】

なお、前記実施形態および実施例の記載は単なる一例に過ぎず、本発明に必須の構成を示したものではない。各部の構成は、本発明の趣旨を達成できるものであれば、上記に限らない。

【0121】

また、中間層2として、PMMAに替えて、シランカップリング剤（一分子中に有機官能基と加水分解基を有する材料）を用いることもできる。シランカップリング剤を用いると、有機樹脂と無機物との結合性が向上する。したがって、本体材料1として有機樹脂を用いた場合に、本体材料1とSOG層3との接着性を向上させることができる。さらに、中間層2を省略することも可能である。

【0122】

【発明の効果】

本発明に係る表面加工方法によれば、効率よく表面の加工を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 実施形態に係る表面加工方法を説明するための説明図であって、積層体の断面を示す図である。

【図 2】

本発明の第 1 実施形態に係る表面加工方法を説明するためのフローチャートである。

【図 3】

本発明の第 2 実施形態に係る表面加工方法を説明するための説明図であって、積層体の断面を示す図である。

【図 4】

本発明の第 3 実施形態に係る表面加工方法を説明するための説明図であって、積層体の断面を示す図である。

【図 5】

本発明の第 4 実施形態に係る表面加工方法を説明するための説明図である。

【図 6】

本発明の第 5 実施形態に係る微粒子の固定方法を説明するための説明図であって、積層体の断面を示す図である。

【図 7】

本発明の第 6 実施形態における実施例の結果を示す図であって、縦軸は深さ、横軸は距離である。

【図 8】

本発明の第 6 実施形態における実施例の結果を示す図であって、縦軸は深さ、横軸は距離である。

【図 9】

本発明の第 6 実施形態における実施例の結果を示す図であって、縦軸は深さ、横軸は距離である。

【図 10】

本発明の第 7 実施形態における実施例の結果を示す図であって、縦軸は深さ、横軸は距離である。

【図 11】

本発明の第 7 実施形態における実施例の結果を示す図であって、縦軸は深さ、横軸は距離である。

【図 12】

現像時間と SOG のエッチング深さとの関係を示すグラフである。

【図 13】

本発明の第 9 実施形態に係る表面加工方法を説明するための説明図であって、積層体の断面を示す図である。

【図 14】

本発明の第 10 実施形態に係る表面加工方法を説明するための説明図であって、積層体の断面を示す図である。

【図 15】

本発明の第 10 実施形態における実施例の結果を示す図であって、縦軸は深さ、横軸は距離である。

【図 16】

本発明の第 10 実施形態における実施例の結果を示す図であって、縦軸は、転写された凸部の高さ、横軸は距離である。

【図 17】

本発明の第 11 実施形態に係る表面加工方法を説明するための説明図であって、積層体の断面を示す図である。

【符号の説明】

- 1 本体材料
- 11 凹部
- 2 中間層
- 3 SOG 層（マスク層、シリコンゴム層）

3 0 1 第 1 S O G 層 (マスク層)

3 0 2 第 2 S O G 層 (他のマスク層)

3 1 ・ 3 1 1 ・ 3 1 2 露光部

3 2 凹部

3 3 微粒子

4 積層体

5 ・ 8 下地材料

6 ・ 1 0 型

7 被成型品

8 センサ本体

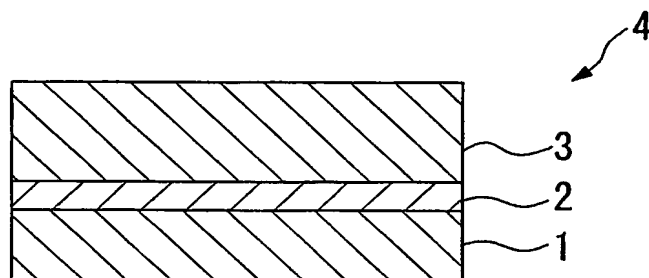
9 本体

【書類名】

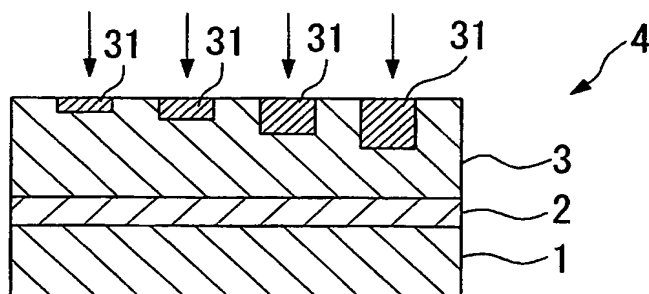
図面

【図 1】

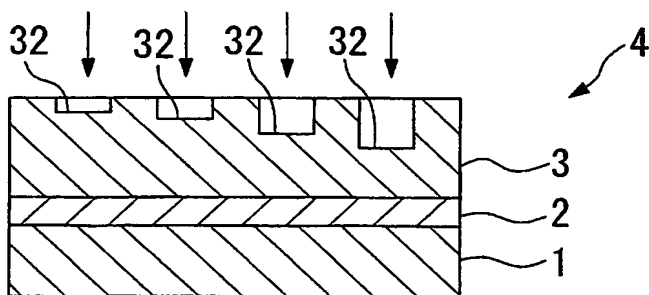
(a)



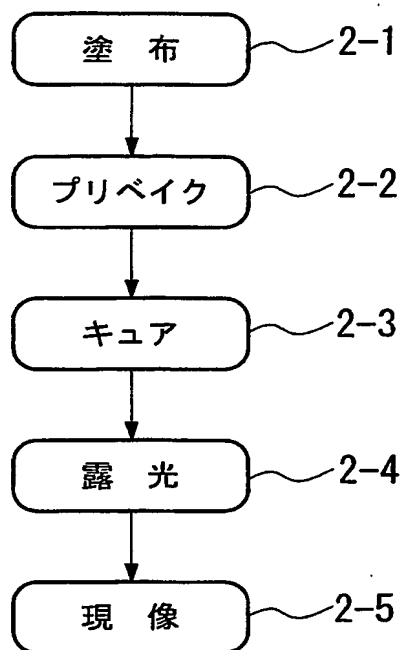
(b)



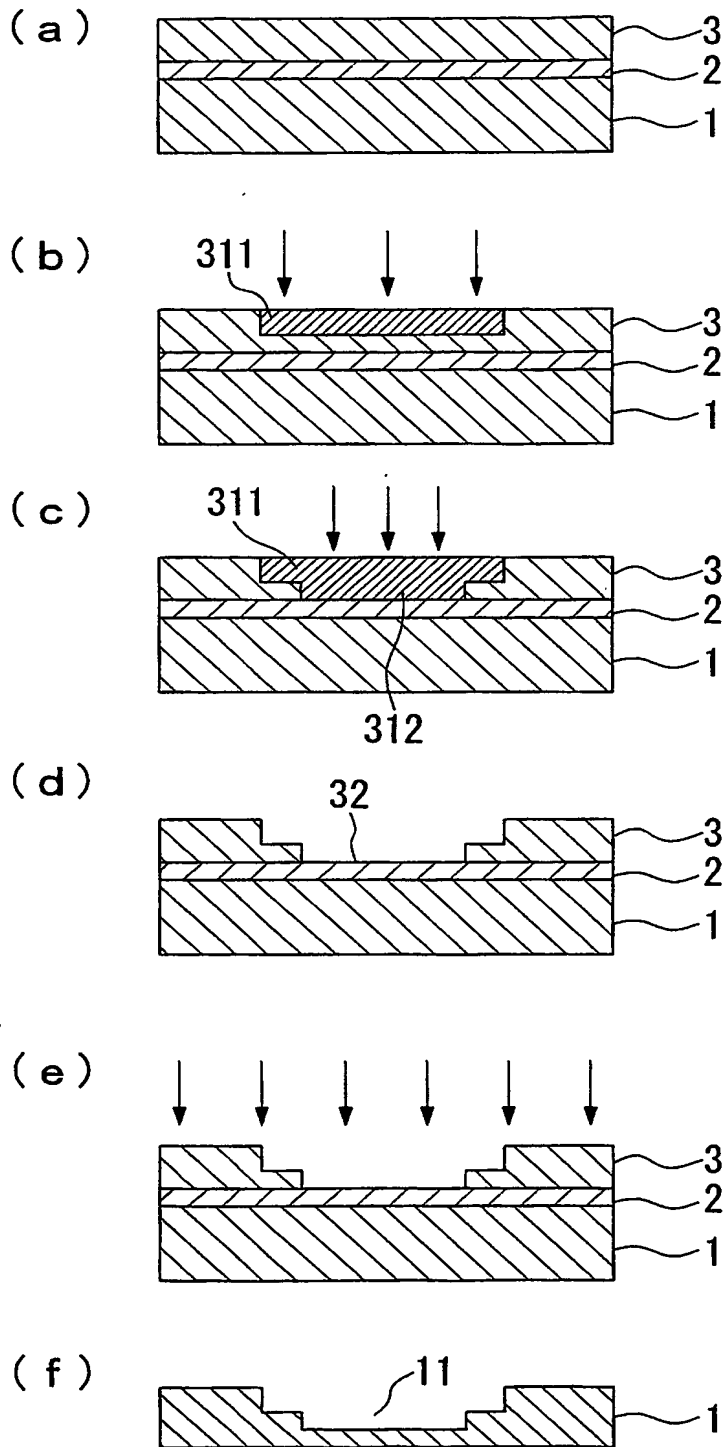
(c)



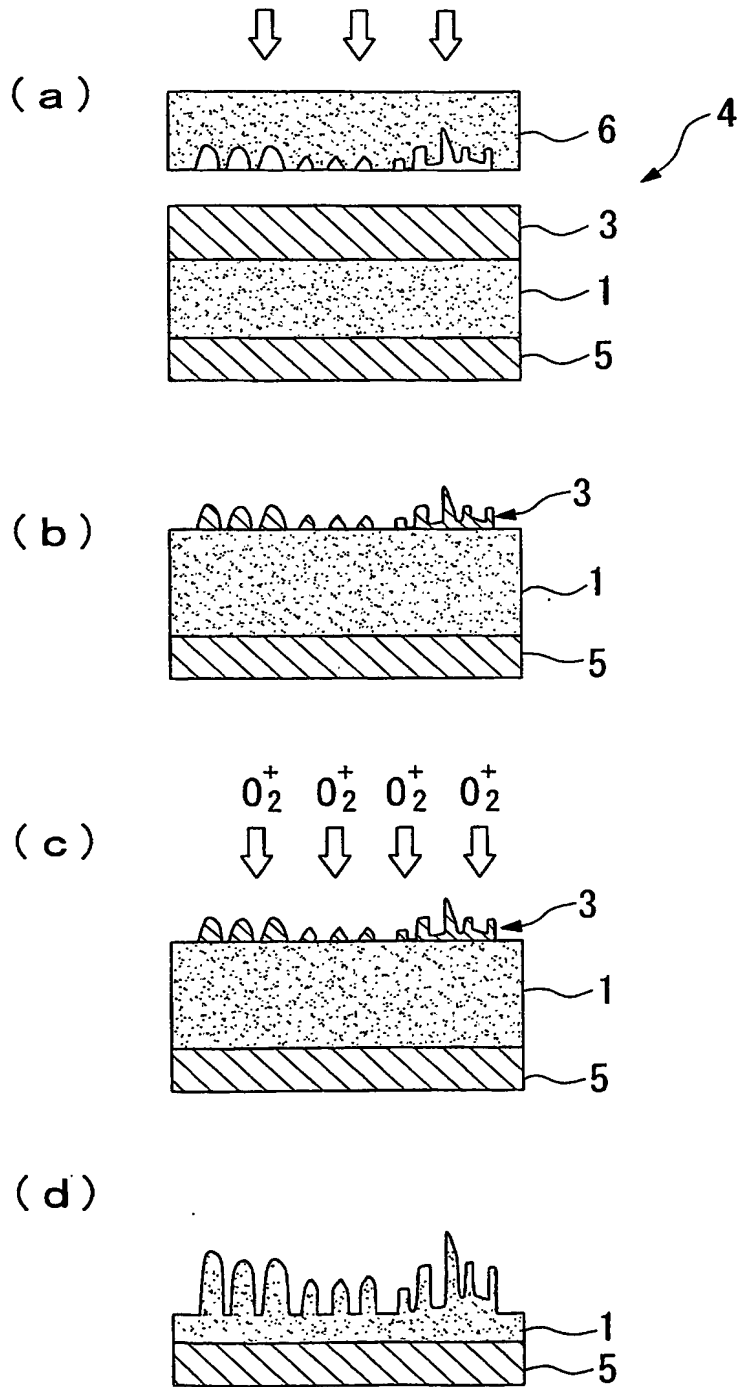
【図 2】



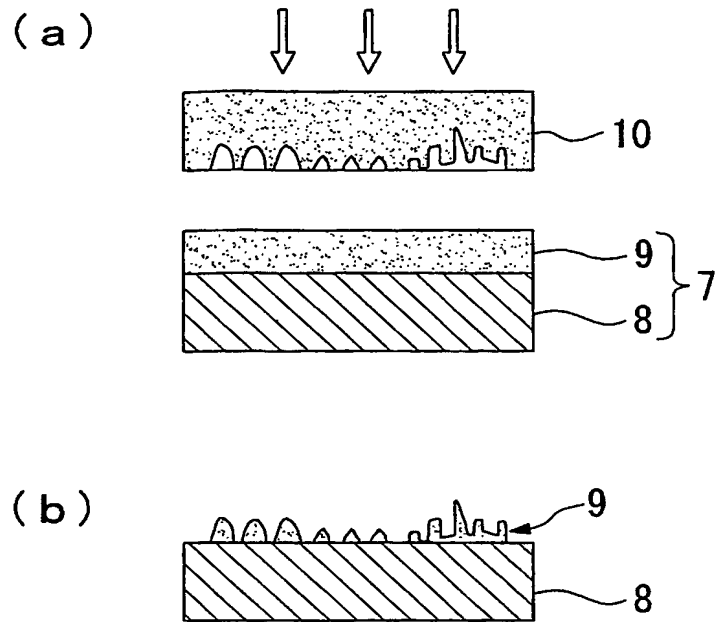
【図 3】



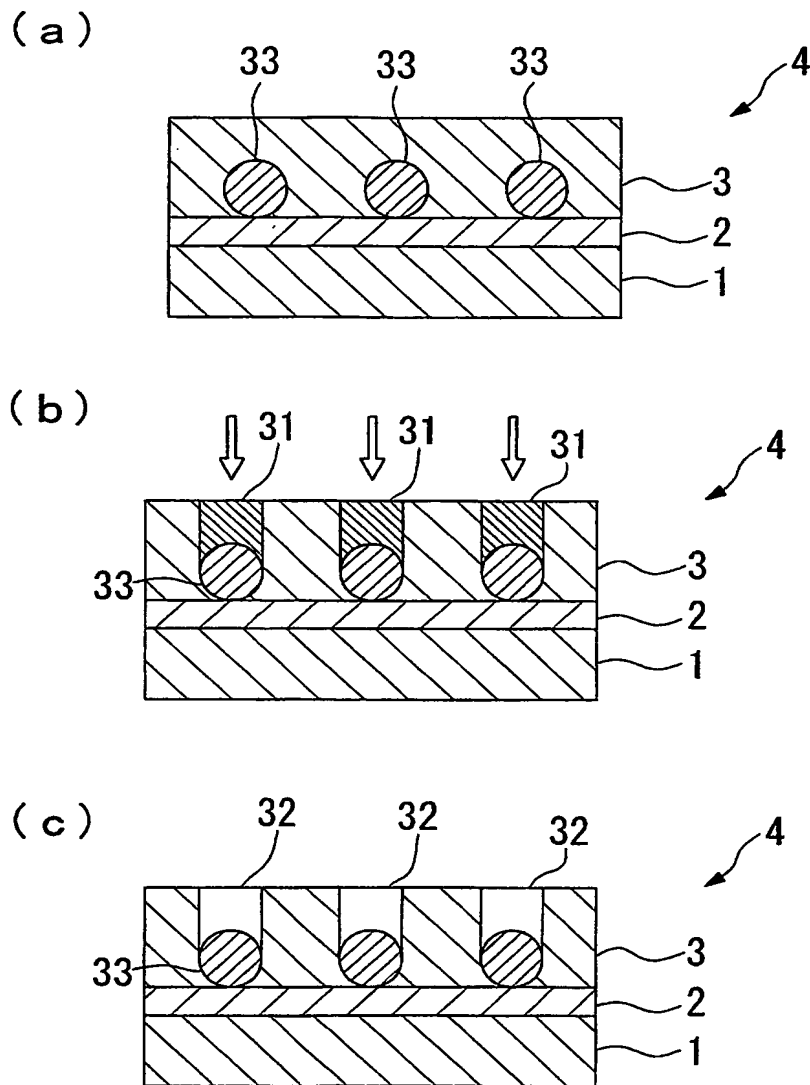
【図 4】



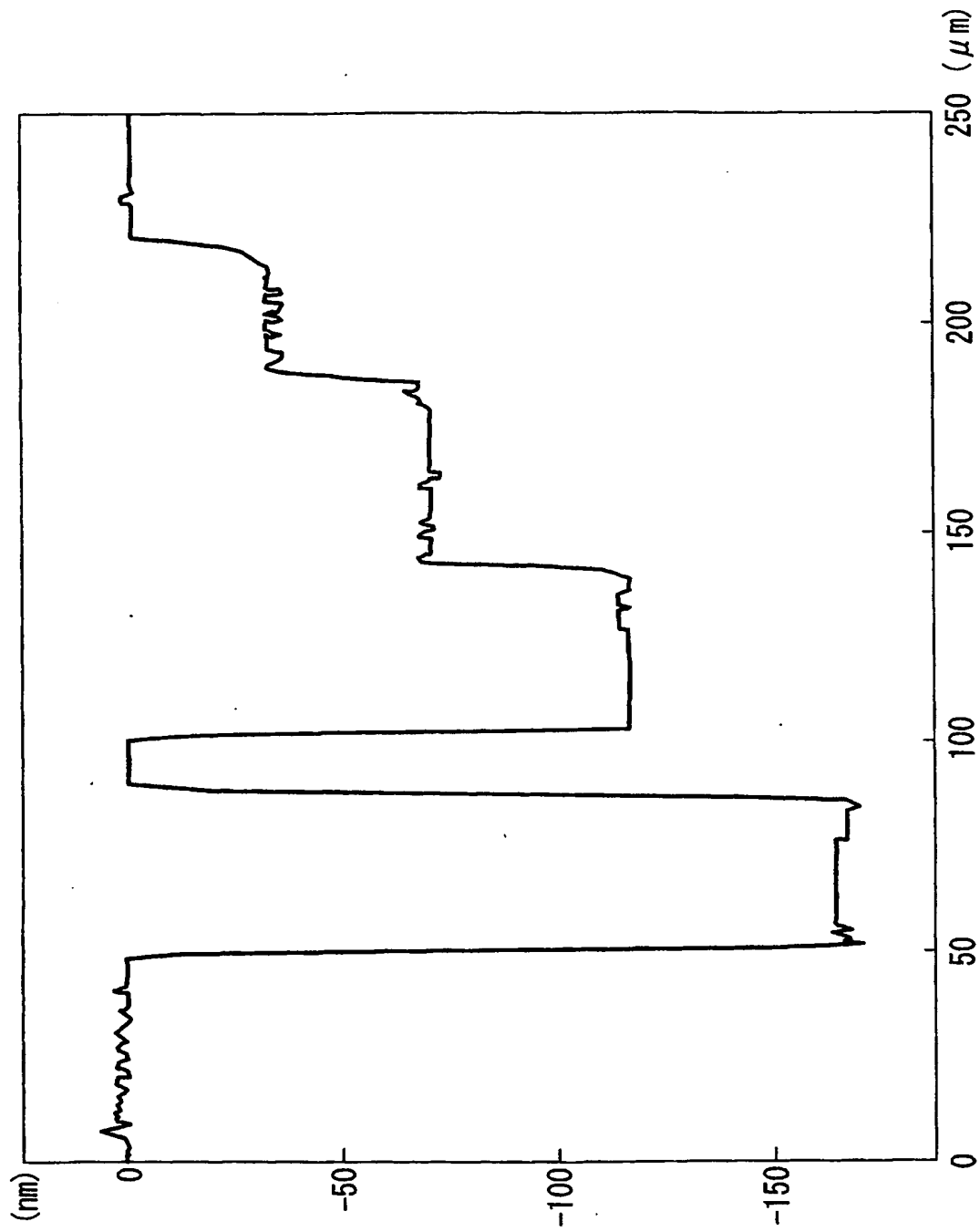
【図 5】



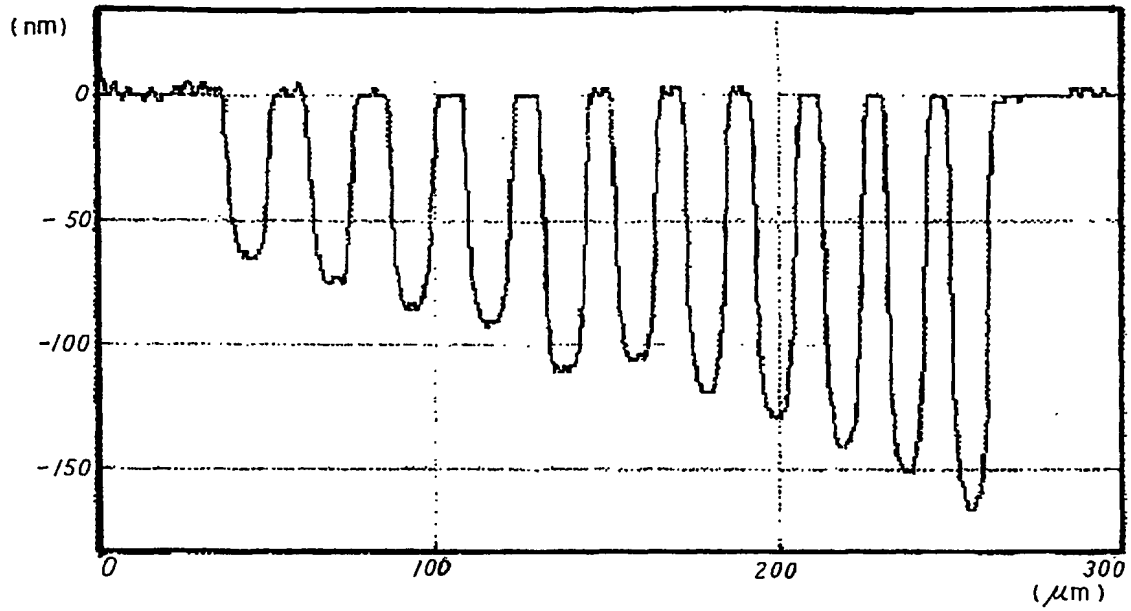
【図 6】



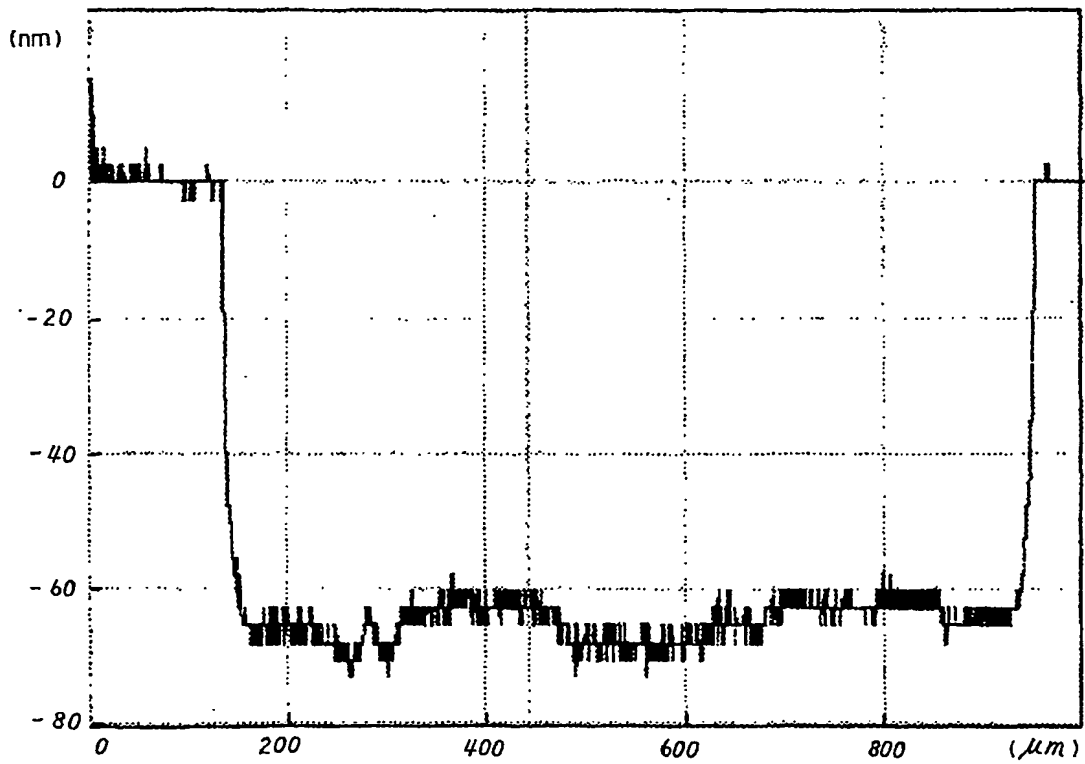
【図 7】



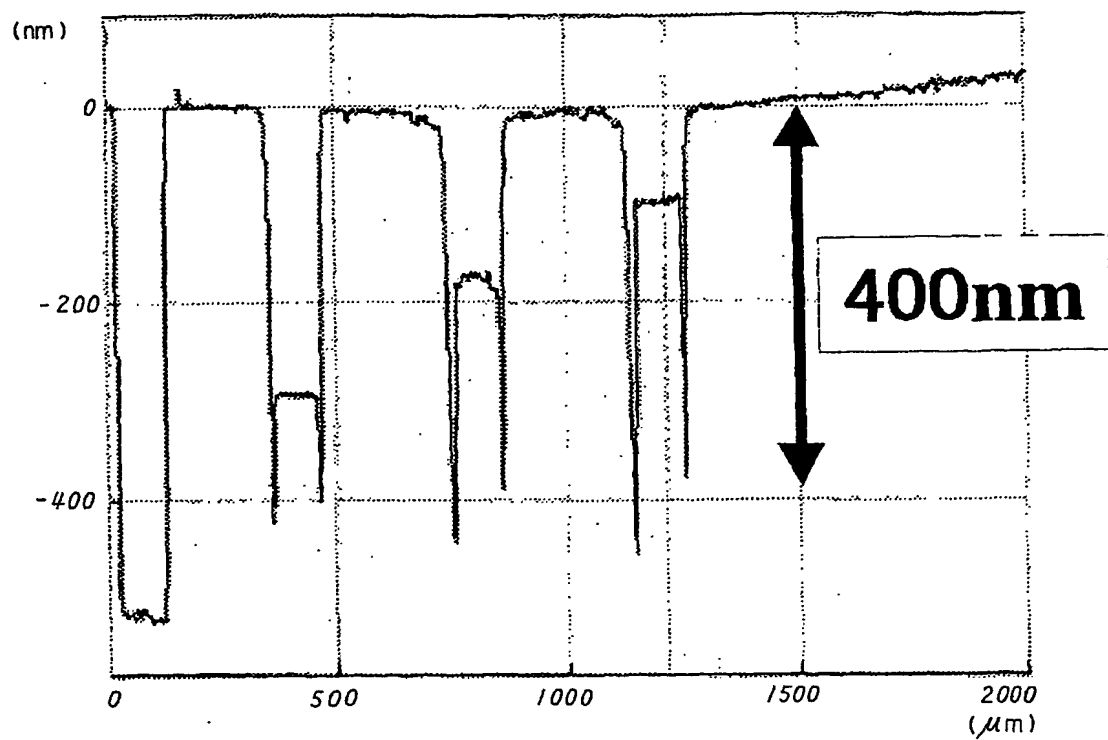
【図 8】



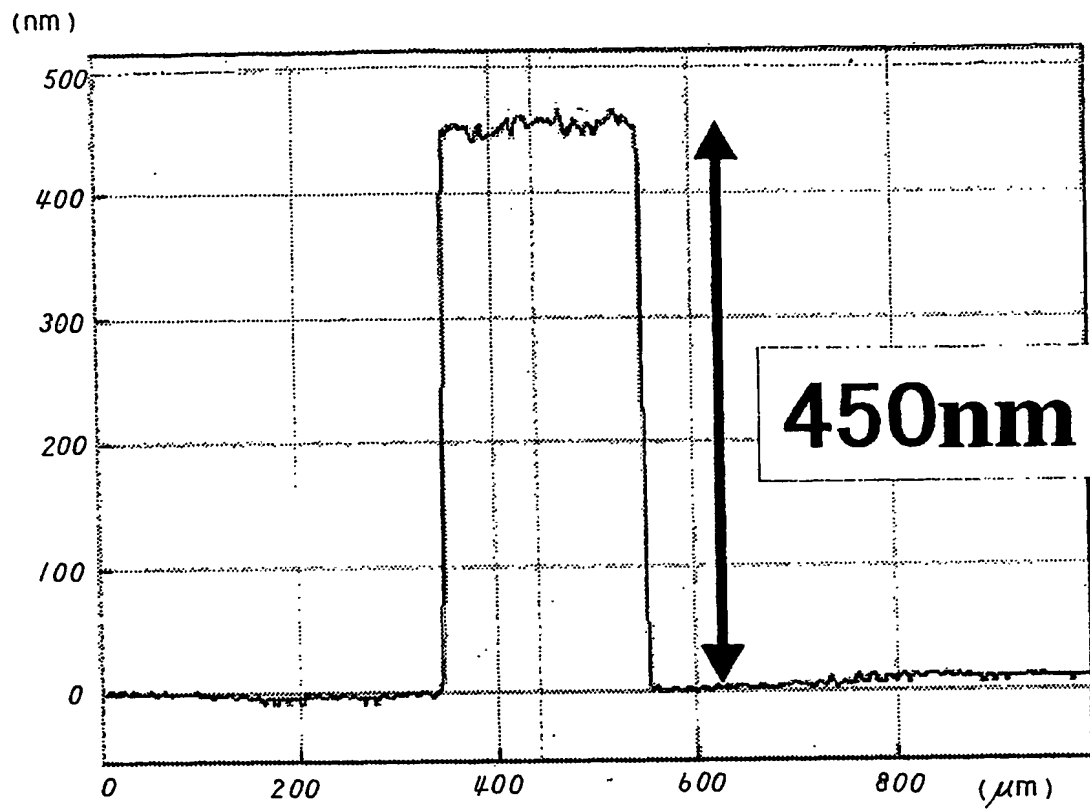
【図 9】



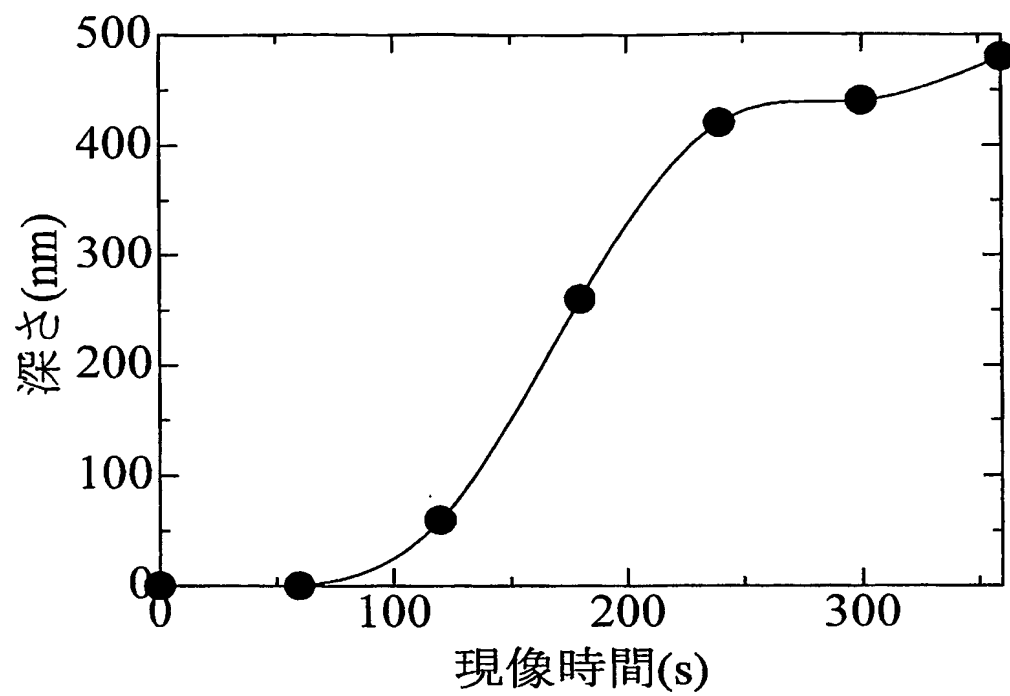
【図 10】



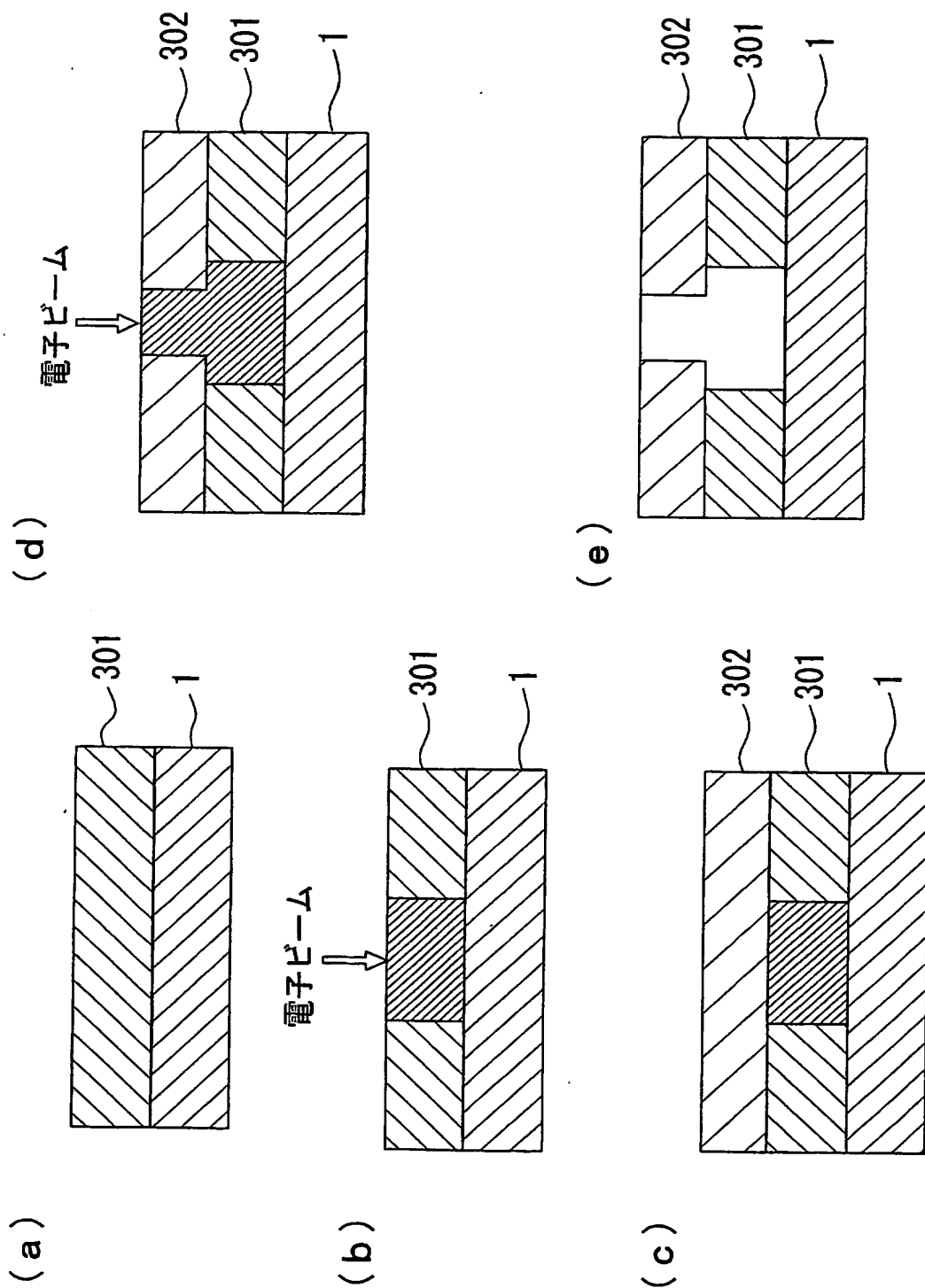
【図 11】



【図 12】

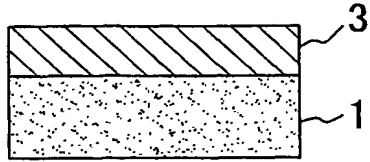


【図 13】

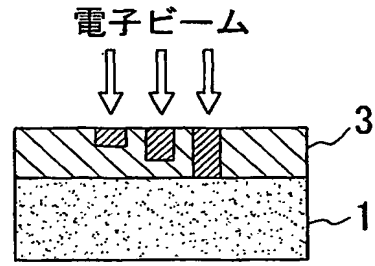


【図 14】

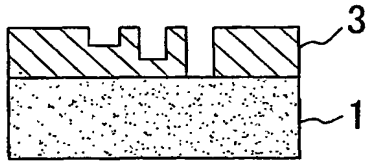
(a)



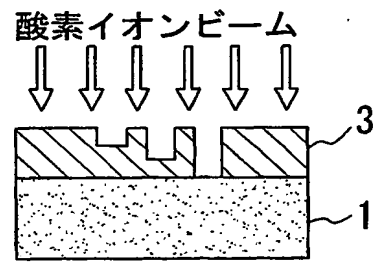
(b)



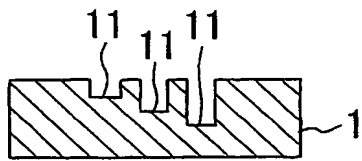
(c)



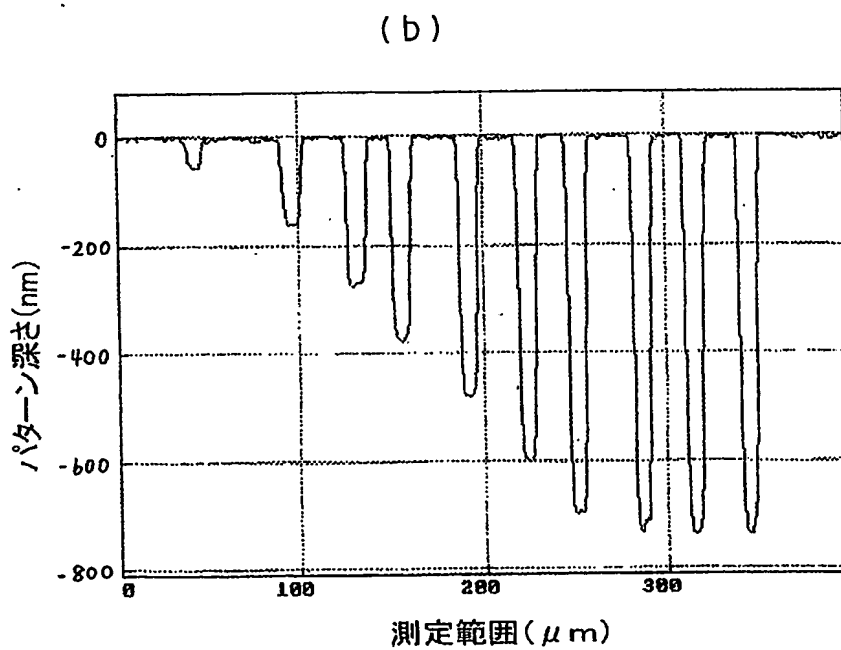
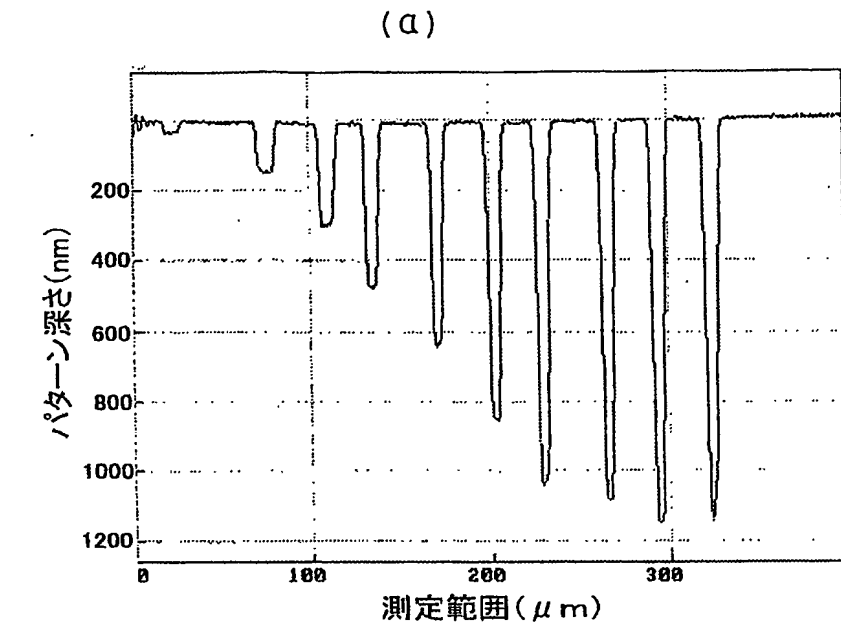
(d)



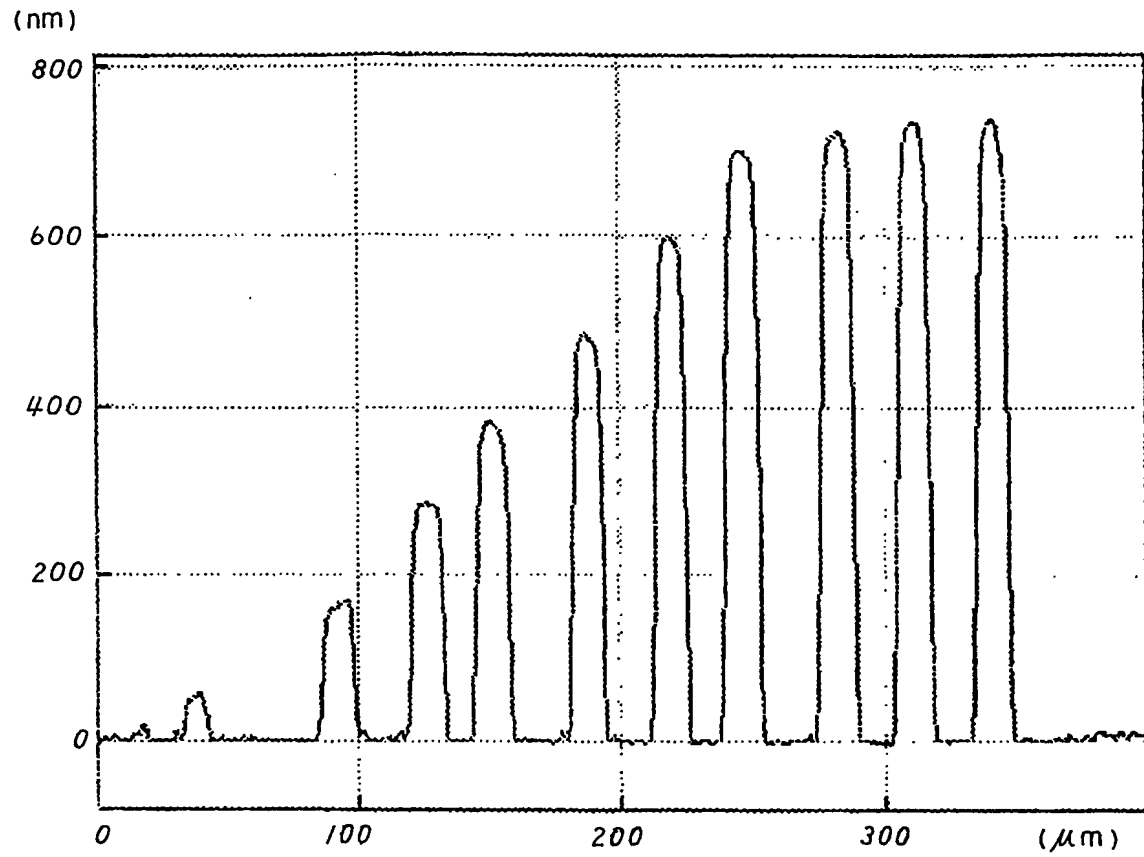
(e)



【図 15】

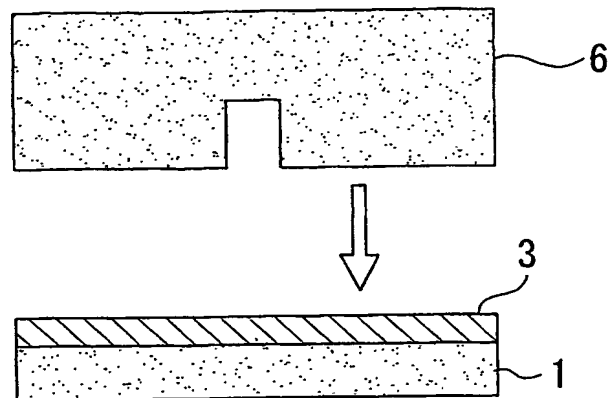


【図16】

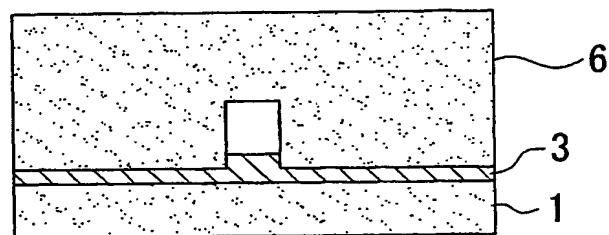


【図 17】

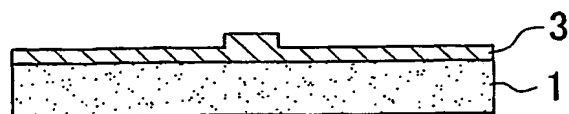
(a)



(b)



(c)



(d)



【書類名】 要約書**【要約】****【課題】**

効率のよい表面加工方法を提供する。

【解決手段】

本体材料 1 と、その表面に形成された中間層 2 と、その表面に形成された SOG 層 3 とを備えた積層体 4 を用いる。まず、SOG 層 3 の表面に電子線を照射して、SOG 層の一部を露光させる。つぎに、SOG 層 3 において露光した部分（露光部）31 をエッチングにより除去する。これによって、SOG 層 3 の表面に微細な凹凸を形成することが可能である。

電子線の加速電圧を変化させることによって、露光部 31 の深さを制御することができる。したがって、深さが異なる立体形状を形成することができる。

SOG 層 3 の表面に凹凸を形成した後、例えば酸素イオンビームによって SOG 層 3 と中間層 2 と本体材料 1 を順に除去することができる。これによって、本体材料 1 の表面に、SOG 層 3 の表面と同様な凹凸を形成することができる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 7 2 3 1 8
受付番号	5 0 3 0 0 4 3 3 4 3 4
書類名	特許願
担当官	北原 良子 2 4 1 3
作成日	平成 1 5 年 5 月 1 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成 15 年 3 月 17 日

次頁無

特願 2003-072318

出願人履歴情報

識別番号

[501105015]

1. 変更年月日

2001年 3月15日

[変更理由]

新規登録

住所

東京都港区三田4-17-25

氏名

財団法人科学技術振興会